

## Capítulo 8

### SOLARIZACIÓN Y REDUCCIÓN DE DOSIS DE BROMURO DE METILO EN LA DESINFECCIÓN DEL SUELO

V. Cebolla, J. J. Tuset, M. Guinet(\*), A. Molins,  
J. L. Mirà, C. Hinarejos

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Moncada. Valencia

(\*) Protection des Vegetaux. Lab. National d'études de la Fumigation, Cenon. Francia

#### Resumen

Se plantea un experimento en un invernadero de pimientos, con objeto de reducir las dosis y emisiones de Bromuro de metilo (BM) durante la fumigación del suelo, manteniendo la eficacia. El cultivo anterior estaba afectado por *Phytophthora capsici*. Se comparan: (1) Testigo no desinfectado; (2) BM a dosis normal de 60 g/m<sup>2</sup> con cubierta de Polietileno (PE); (3) BM a mitad dosis; (4) BM a mitad dosis, con cubierta plástica impermeable; (5) Solarización; (6) Solarización + 15g/m<sup>2</sup> de BM. La eficacia se evalúa con inóculo de *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, y *P. capsici*. Se tienen en cuenta el producto CxT en la desinfección, la producción de biomasa, el estado sanitario de la planta, residuos y la cosecha.

En general todos los parámetros estudiados muestran un comportamiento similar entre tratamientos con dosis normal con cubierta de PE (2), y mitad dosis con film impermeable (4), el tratamiento 1/4 de dosis + Solarización resulta también muy interesante. El tratamiento mitad dosis con PE (3) queda en un lugar intermedio entre los mejores tratamientos y el testigo no tratado. La solarización falla debido a una aplicación tardía y durante un periodo corto. Se puede alcanzar una reducción de hasta la mitad de la dosis de BM, usando una cubierta impermeable durante la desinfección o hasta una cuarta parte si se combina con la Solarización.

**Palabras clave:** *Phytophthora capsici*, pimiento, ozono, cubierta impermeable, polietileno, *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*.

#### Introducción

El bromuro de metilo (BM) se usa ampliamente como fumigante en agricultura y para el control de plagas en estructuras, mercancías almacenadas y tratamientos de cuarentena. Es activo contra una gran variedad de organismos a baja concentración, incluyendo mamíferos e insectos, ácaros, nematodos, hongos, bacterias y virus y tiene suficiente fitotoxicidad para controlar malas hierbas y semillas de malas hierbas. Su gran espectro de actividad y facilidad de aplicación lo han convertido en el tratamiento elegido en la mayoría de desinfecciones del suelo (MBTOC 1995).



El BM fue incluido como una de las sustancias que destruyen la capa de ozono por la Cuarta Reunión del Protocolo de Montreal sobre sustancias que destruyen la Capa de Ozono, que tuvo lugar en Copenhague en noviembre de 1992. Por este motivo, las Naciones Unidas propician la sustitución de estas sustancias, por otras que sean respetuosas con el medio ambiente; para ello el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, fomenta la investigación de nuevas tecnologías que permitan la utilización de sistemas alternativos, incluyendo cualquier modificación de las técnicas de aplicación que consiga sustituir, total o parcialmente, algún uso de este gas. Existe un calendario aprobado en la convención de Viena de 1995 para la reducción gradual de la producción de BM, hasta el año 2010. A partir de esta fecha, este gas solo será permitido en algunos usos denominados esenciales.

La solarización del suelo, como método alternativo a la desinfección con fumigantes fue desarrollada por Katan (1976, 1980, 1981, 1983) y rápidamente aceptada en áreas de clima templado, como los países mediterráneos, incluida España (Martínez et al., 1983, 1986; Cenis, 1989; Gil Ortega et al., 1990; Del Busto et al., 1989; Cebolla et al., 1993, 1994; Ben-Yephet et al., 1988). Algunas posibilidades de mejorar la eficacia o dar seguridad en el resultado de la desinfección del suelo han sido descritas como la combinación con fumigantes a bajas dosis (Malathrakis, 1987, Cebolla y García, 1984) así como la combinación con métodos biológicos (antagonistas, variedades tolerantes o resistentes).

La combinación de la solarización con Bromuro de metilo permite reducir drásticamente las dosis de aplicación al menos a nivel experimental (Cebolla et al., 1994). Aunque lógicamente, las dosis prácticas deben ser incrementadas para contemplar un margen de seguridad para los aplicadores, por motivos de garantía en el control de enfermedades del suelo.

El polietileno de baja densidad (PE), normalmente usado como cerramiento en la desinfección del suelo, resulta ser permeable al BM por lo que se escapan grandes masas de gas a través de este tipo de film (MBTOC 1995). La tecnología actual permite la obtención de laminas de plástico multicapa, con propiedades impermeabilizantes que impiden el paso del BM a su través.

Una de las mejoras en la técnica de aplicación sugeridas por el informe del MBTOC 1995 es precisamente la de utilizar films virtualmente impermeables (VIF) al BM para retener el gas y de esta manera evitar la emisión a través de la lámina de cobertura. Es necesario comprobar que con este tipo de cubierta se pueden usar dosis más reducidas manteniendo la eficacia y sin producir efectos colaterales nocivos, como un aumento excesivo de residuos de bromo.

## **Material y métodos**

Para realizar este primer estudio se dio preferencia a aquellos cultivos más representativos, en los que la desinfección con bromuro de metilo resulta máspreciada por los agricultores en todas las áreas de cultivo intensivo del mundo, entre ellos el cultivo intensivo de pimiento en invernadero. Las parcelas experimentales debían disponer de riego localizado con efecto de impedir el arrastre de inóculo de las parcelas testigo infectadas, a las vecinas. Se evitó la infección artificial, buscando las condiciones más parecidas a

las naturales, para conferir la máxima fiabilidad a los resultados sobre planta, como la cosecha, estudios de biomasa y la incidencia de la enfermedad. Solo se utilizó inóculo artificial para la valoración de la eficacia sobre el propio inóculo, dado que la existencia de aislados salvajes similares a los patógenos imposibilita una buena apreciación de los efectos, por el riesgo de confusión.

Como parcela experimental se escogió una finca que estaba infectada con *Phytophthora capsici* en Navarrés (Valencia). El Cultivo establecido después de la desinfección fue el de la variedad de pimiento denominada Padrón, la misma sobre la que se determinó la presencia de la enfermedad.

Preparación de la parcela experimental. Se arrancó el cultivo anterior de pimiento variedad Padrón y se preparó el terreno mediante paso de subsolador para romper la costra caliza (Tap) situada entre 30 y 40 cm de profundidad en el subsuelo. Se labró a continuación y se preparó mediante rotovator para desmenuzar la tierra. Se regó y se esperó el tiempo oportuno hasta que la humedad del suelo fuera la adecuada según las normas locales. En este tipo de suelo franco-arcilloso, en el momento del inicio de la desinfección, la capa superficial quedaba algo seca mientras que a 30 cm de profundidad se obtenía una humedad del orden del 60% de la capacidad de campo.

Los análisis de tierra realizados para suelo (0-20 cm) y subsuelo (de 20-40 cm) determinan (Tabla 1) una textura franco arcillosa, en un suelo no muy profundo, muy calcáreo y algo pedregoso en el subsuelo, debido a la presencia de una costra caliza. El pH resulta ser básico tanto en suelo como en subsuelo, con una caliza activa elevada pero sin problemas de salinidad. Se puede considerar un suelo bastante representativo de los suelos valencianos.

**Tabla 1.** Análisis de suelo y subsuelo de la finca experimental de Navarrés

Características	Profundidad (cm)	
	0-20	20-40
Color	5.5YR5	5.5YR5
Clasificación internacional	Franco arcilloso	Franco arcilloso
pH (1:2.5 suelo:agua)	8.05	8.25
Materia orgánica oxidable	2.0	0.84
Carbonatos totales (% CaCO <sub>3</sub> )	39.7	48.2
Caliza activa (%)	13.0	15.2
Conductividad eléctrica extracto 1/5	0.437	0.299

**Desinfección del suelo.** La preparación del terreno, el estirado de la lámina de plástico de cobertura y enterramiento de los bordes de ésta se realizó según costumbre en las aplicaciones locales. El plástico se enterró manualmente a una profundidad variable entre 15 y 20 cm.

Como plástico de cobertura se utilizó Hytibar 40 (HT), de Hyplast (Bélgica), considerado Virtualmente Impermeable (VIF). Se trata de una lámina bicapa compuesta por PE +EVOH (Etil Vinil Alcohol). Como control se utilizó lámina PE de Sotrafa, SA con un espesor de 200 galgas.



La aplicación se inició el 17 de Agosto con vientos en calma (0.2 a 2.4 m/s) de componente Oeste, y a lo largo de los tres días de desinfección alcanzaron una velocidad máxima de 5.7m/s. La temperatura media del aire osciló entre 20 y 23.3 °C, se alcanzó una temperatura máxima de 31 °C en los tres días. La temperatura del suelo a 10 cm la temperatura alcanzó los 26.6 °C a las 9 de la mañana, 34.4 °C al mediodía y 39.5 °C por la tarde. A 35 cm de profundidad las temperaturas fueron de 28.1 °C por la mañana, 26.6 °C a mediodía y 28 °C por la tarde

El BM (con 2% Cloropicrina) se midió con un dosificador volumétrico contrastado, para pequeñas dosis. La aplicación se realizó mediante la técnica de gas caliente (1Kg de presión). Para mejorar su distribución se dispusieron cintas tubulares perforadas extendidas sobre el suelo, bajo la lona, con una separación uniforme.

**Solarización.** Los tratamientos con solarización se prepararon igual que los de desinfección. Al finalizar ésta se les dio un riego por inundación bajo el plástico, levantando los bordes, y se volvió a cerrar. Las parcelas permanecieron cubiertas durante un mes. La solarización se inició a continuación de la desinfección, por tanto es una solarización extremadamente tardía.

**Mediciones.** Se determinó la concentración de gas bajo la lámina de plástico a lo largo de la desinfección, para la determinación de la concentración máxima y la variable concentración por tiempo CxT. Para ello se realizaron mediciones con los siguientes intervalos aproximados: 20 min, 1.5 hr, 4hr, 7hr, 10 hr, 13hr, 1 día, 2 días y 3 días después de la aplicación. El BM durante la desinfección se midió con un aparato de medida modelo FUMISCOP de la empresa Key Chemical & Equipment. El aparato es portátil, con célula de detección a flujo constante y se conecta a sondas de nylon-6, las muestras de gas se tomaron a 0 y a 20 cm de profundidad.

**Eficacia frente a patógenos.** Para valorar la eficacia contra los patógenos se utilizaron dos tipos de inóculo:

- Se cultivó *F. o. dianthi* en medio PDA modificado, con la adición de 10 g/l de extracto de levadura. Cuando el cultivo ocupó completamente la placa de Petri, se frotó la superficie con agua estéril, para obtener una suspensión de propágulos, que se lavó por centrifugación varias veces y se ajustó a una concentración de 107 conidios por ml. Esta suspensión se incorporó a un Kg de suelo natural estéril de textura arenosa, y se ajustó a una concentración entre 0,2 a 1x10<sup>6</sup> unidades formadoras de colonias (ufc), por gramo de suelo. Este inóculo se dejó estabilizar durante al menos 10 semanas antes de su utilización.

- Por otra parte se obtuvo material vegetal de raíces de pimiento con una infección natural de *P. capsici*, y se incluyeron 10 a 20 piezas de 3 mm de largo en 10 g de suelo de textura arenosa como el utilizado en el apartado anterior.

En ambos casos se envolvieron 10 g de inóculo en unas bolsas de nylon, para permitir el intercambio de humedad y gases con el suelo. Las bolsas se ataron con cuerda de nylon a distancias adecuadas para que el inóculo quedara dispuesto, a las profundidades de 10, 20 y 30 cm de profundidad en el suelo. Unas horas antes de enterrar el inóculo era convenientemente humedecido para situarlo en condiciones de humedad similar a la del suelo.



Después de la desinfección se estudió la supervivencia del inoculo mediante aislamiento en medios selectivos para *F. o. dianthi* (Komada 1975) y para *P. capsici* (Ponchet et al., 1972).

**Eficacia frente a malas hierbas.** Se realizaron conteos de la flora adventicia dos veces a lo largo del cultivo. Se determinaron las malas hierbas aparecidas, antes de eliminarlas, anotando nombre y estado de las mismas.

**Biomasa.** Al diseñar la plantación se añadieron algunas plantas extra, para poder arrancarlas a lo largo del cultivo y efectuar así algunas mediciones de biomasa, como superficie foliar, tamaño y peso de la planta.

**Efecto sobre la cosecha.** Se realizaron pesadas durante la vida útil de las plantas, según el calendario de recolección habitual del agricultor.

**Residuos.** Después de la desinfección se tomaron muestras de suelo para su análisis siguiendo las técnicas oficialmente reconocidas. También se tomaron muestras de fruto de la primera cosecha para la determinación del contenido en ion Bromo.

**Diseño experimental.** Parcelas distribuidas al azar en 7 túneles de 30 m de largo y 5 de ancho, con cubierta de polietileno. El tamaño de la parcela experimental era de 7 m de largo y 5 de ancho con cinco repeticiones excepto en las de solarización que fue de cuatro repeticiones. El marco de plantación de 0.3 m con una separación entre filas de 1m. Cada parcela tenía inicialmente unas 100 plantas de las que solo unas 60 plantas del centro se tuvieron en cuenta para las mediciones. El cultivo se llevó a cabo siguiendo los sistemas habituales en la zona para cultivo intensivo con riego localizado sin calefacción.

El experimento constó de los siguiente tratamientos : (1) Testigo no tratado; (2) Bromuro de metilo a dosis normal (60g/ m<sup>2</sup>) con lamina de PE; (3) BM a mitad dosis (30g/ m<sup>2</sup>) con PE; (4) BM a mitad dosis con lamina de HT; (5) Solarización con PE; (6) Solarización con 15g/ m<sup>2</sup> de BM y lamina de PE

**Invernadero del IVIA.** Se realizó un experimento paralelo, en condiciones de invernadero climatizado, con tierra tomada del invernadero de Navarrés después de la desinfección. Se utilizaron 10 plántulas de pimiento del mismo origen por parcela. Con estas plantas se determinaron los mismos parámetros que el cultivo en pleno suelo de Navarrés.

**Análisis estadístico de los resultados.** Se hizo mediante la comparación de medias ANOVA, el test de rango múltiple de Duncan, o la comparación por contraste. Las diferencias significativas si las hay se indican de manera que los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel del 95%.

## Resultados

El producto CxT obtenido queda reflejado en la Tabla 2. En la que los valores mas altos corresponden a las parcelas con desinfección a dosis normales (2), seguidas de cerca por el tratamiento (4) tanto en superficie como en profundidad. El Test de Duncan no detecta diferencias significativas entre los tratamientos (2),(3) y (4). El único tratamiento que se diferencia es el (6), de Solarización con BM a 1/4 de dosis, sin embargo el tratamiento (3) tiene un CxT bastante menor que el (2) y el (4).

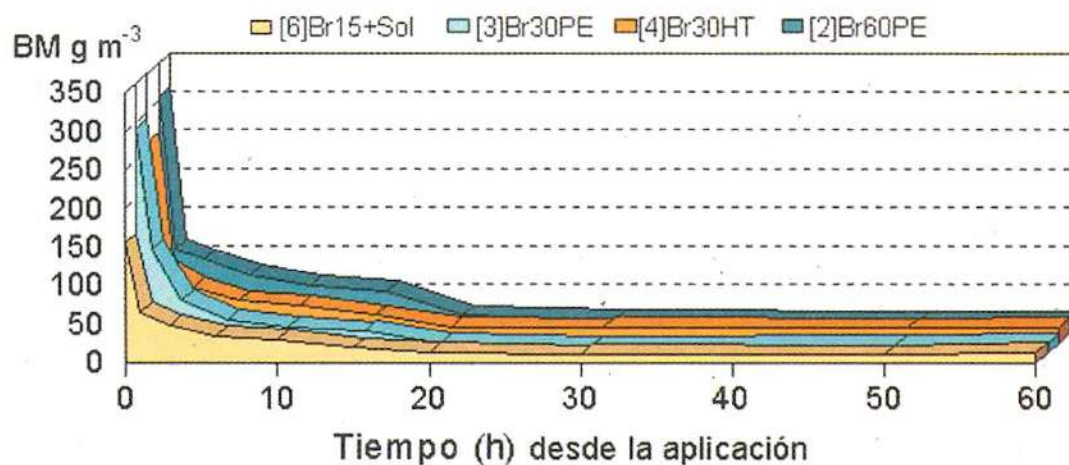
**Tabla 2.** Concentración del producto (g/m<sup>3</sup>) por tiempo (hr) C x T a dos profundidades, durante la desinfección del suelo y hasta tres días de exposición

Tratamiento	C x T 0cm	C x T 20cm
(2) 60 PE	2173 b	2015 b
(3) 30 PE	1472 ab	1309 ab
(4) 30 HT	1978 ab	1742 ab
(6) 15 PE+Sol	1188 a	1002 a

La concentración máxima alcanzada durante la aplicación fue superior a nivel de superficie para el tratamiento (2), pero el tratamiento (4) toleró mayor concentración de gas al final de la desinfección (Fig. 1), como consecuencia de la mayor estanqueidad de la lámina VIF. En la Figura 2, a 20 cm de profundidad destaca una concentración máxima muy superior para el tratamiento (2) pero el tratamiento (4) mantiene concentraciones de gas superiores a los que usan PE como cubierta. La lámina VIF del tratamiento (4) aún con la mitad de la dosis normal produce unos residuos en suelo ligeramente mayores que el PE del tratamiento (2) (Tabla 3), no obstante este aumento de residuos se considera dentro de los límites tolerables.

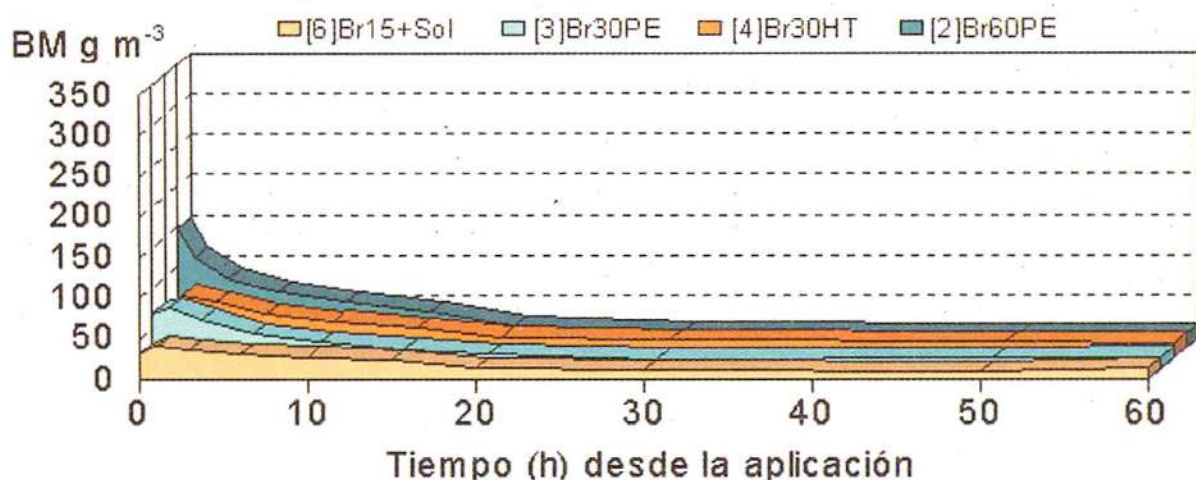
**Tabla 3.** Contenido medio de residuos de BM (mg/kg) en el invernadero de Navarrés

Tratamiento	Suelo 0-20cm	Subsuelo 20-40cm
(2) 60 PE	37	25
(3) 30 PE	35	42
(4) 30 HT	43	47
(6) 15 PE+Sol	25	21



**Figura 1.** Contenido de BM a nivel del suelo en el invernadero de Navarrés





**Figura 2.** Contenido de BM a 20 cm de profundidad en el invernadero de Navarrés

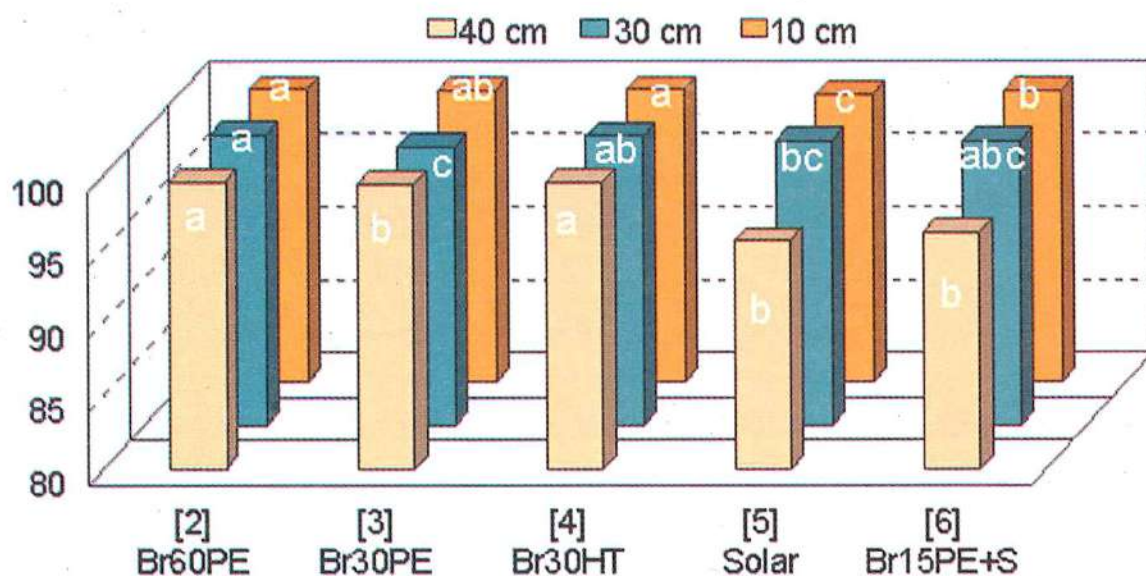
La eficacia contra el inoculo de *F. o. dianthi* se estudió a tres profundidades (Fig. 3). En los dos niveles mas superficiales prácticamente todos los tratamientos fueron eficaces comparados con el control, aunque a nivel de diferencias significativas destacan los tratamientos (2) y (4) como los mejores. Se establece mayor diferencia a 40 cm de profundidad pero a nivel estadístico ocurre lo mismo que en los niveles superiores. En la Figura 4 se puede apreciar la eficacia contra *P. capsici*. En el nivel mas superficial los tratamientos (2), (3) y (4) muestran una eficacia similar, superior al (6). En los dos niveles más profundos los tratamientos mas eficaces son (2) y (4) seguidos del (3). En el ensayo realizado en contenedores en el IVIA, se midió el desarrollo de biomasa a las 10 semanas, los datos aparecen en las Tablas 4 y 5.

**Tabla 4.** Altura (cm) y mortalidad media de las plantas en el invernadero del IVIA

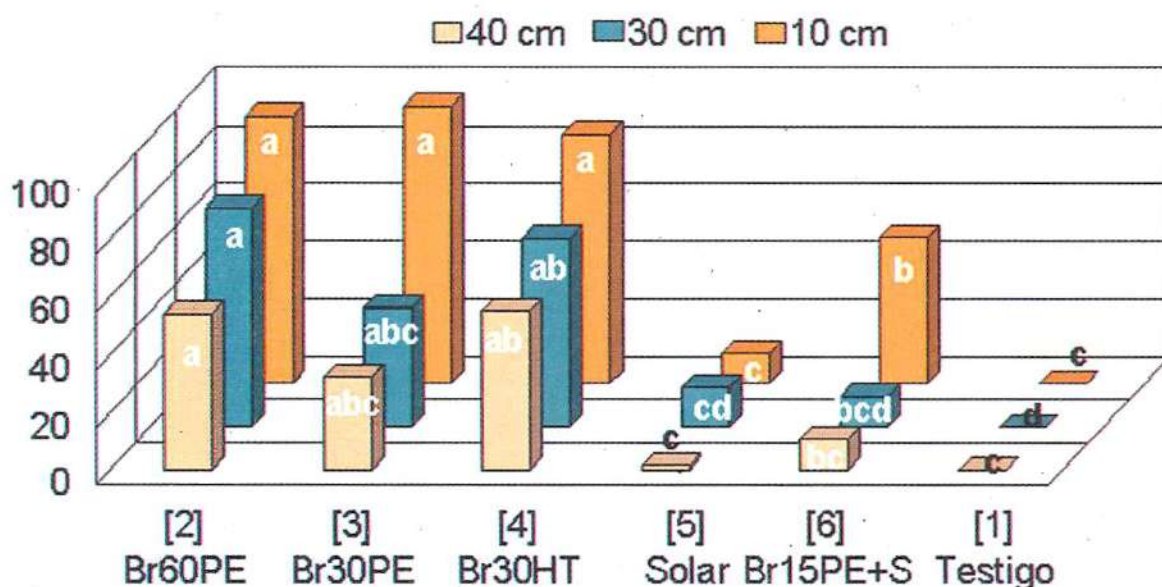
Tratamiento	Altura	Mortalidad
(1) Testigo	41.3 a	1.2 bc
(2) 60 PE	50.8 cd	0 a
(3) 30 PE	46.8 bcd	0.2 ab
(4) 30 HT	52.4 d	0 a
(5) Solar	43.1 ab	1.5 c
(6) 15 PE+Sol	45.1 abc	0 a

Según estos datos los tratamientos (2) y (4) son los mejores en cuanto a altura de la planta se refiere, seguidos de cerca por el (6). En cuanto a la mortalidad los tratamientos (2), (4) y (6) no presentaban ninguna planta enferma. La escasa incidencia de la enfermedad puede ser debida a que en la época del cultivo de invierno *P. capsici* resulta menos patógena.

A finales de enero, con las raíces ocupando la totalidad del sustrato de cultivo las plantas habían alcanzado el máximo nivel de desarrollo. En ese momento se cortaron las plantas a nivel del cuello y se realizaron las medidas de altura, superficie foliar, peso de los frutos, peso de las plantas y porcentaje de planta sana. Un grupo de plantas del mismo origen cultivadas como testigo en sustrato estéril permaneció completamente sano lo que permitió comprobar la calidad del plantel utilizado.



**Figura 3.** Destrucción de inóculo *F. o. dianthi* después de la fumigación comparado con el testigo (por cien) a tres profundidades



**Figura 4.** Destrucción de inóculo *P. capsici* después de la fumigación comparado con el testigo (por cien) a tres profundidades



**Tabla 5.** Efecto de los tratamientos sobre las plantas en el invernadero del IVIA al final del experimento

Tratamiento	Altura (cm)	Sup.foliar (cm <sup>2</sup> )	Peso fruta (g)	Peso planta (g)	Plantas sanas (%)
(1) Testigo	43.9 a	980 a	14.7 a	49.6 a	80
(2) 60 PE	58.2 b	1522 b	23.7 bcd	76.0 b	100
(3) 30 PE	51.2 ab	1309 ab	20.7 bc	64.5 b	96
(4) 30 HT	55.8 b	1392 ab	25.2 cd	75.6 b	100
(5) Solar	45.3 a	948 a	18.4 ab	50.8 a	75
(6) 15 PE+Sol	49.7 ba	1147 ab	28.6 d	71.5 b	100

La evolución de la enfermedad en el invernadero de Navarrés se muestra en la Figura 5. Después de 20 semanas de cultivo los tratamientos (2), (3), y (6) permanecen sanos, 5 semanas después hay algunas plantas enfermas en todos los tratamientos, los más afectados son los (1) y (5). La enfermedad, como era de esperar en un cultivo con riego localizado, no se extendió de manera rápida. A las 36 semanas las parcelas del Control tenían ya muchas plantas enfermas mientras los tratamientos (2), (4) e incluso (5) se mantenían en un estado sanitario similar. *P. capsici* fue reaislada de las plantas enfermas.

El 4 de noviembre se tomaron algunas plantas con problemas de crecimiento como muestras para estudios de laboratorio, de las raíces afectadas se aisló *P.capsici* con la técnica de pétalos de clavel. Se tomaron otras plantas (Tabla 6) para estudios de biomasa. La altura de plantas en esta época no resulta un parámetro diferenciador destaca la altura de las plantas del tratamiento (2) pero el único tratamiento estadísticamente diferente del (2), con plantas mucho más pequeñas, es el Testigo. Tanto la superficie foliar como el peso de la planta mayor se da en el tratamiento (4), sin diferencias significativas con el (2), estos dos tratamientos resultan ser los mejores seguidos del (3) y el (6). Otro control de peso realizado a las 25 semanas de cultivo vuelve a mostrar el tratamiento (2) y el (4) como lo mejores, seguidos del (3).

**Tabla 6.** Efecto de los tratamientos sobre las plantas en el invernadero de Navarrés

Tratamiento	Altura (cm)	11 semanas		25 semanas
		Sup. foliar (cm <sup>2</sup> )	Peso planta (g)	Peso planta (g)
(1) Testigo	31.6 a	738.7 a	41.7 a	203 a
(2) 60 PE	50.9 b	1706.1 cd	92.7 bc	800 d
(3) 30 PE	36.1 ab	1407.5 bcd	78.2 b	622 c
(4) 30 HT	39.7 ab	1905.0 d	115.2 c	772 cd
(5) Solar	32.9 ab	1055.6 ab	42.5 a	286 ab
(6) 15 PE+Sol	37.0 ab	1358.2 bc	76.7 b	396 b

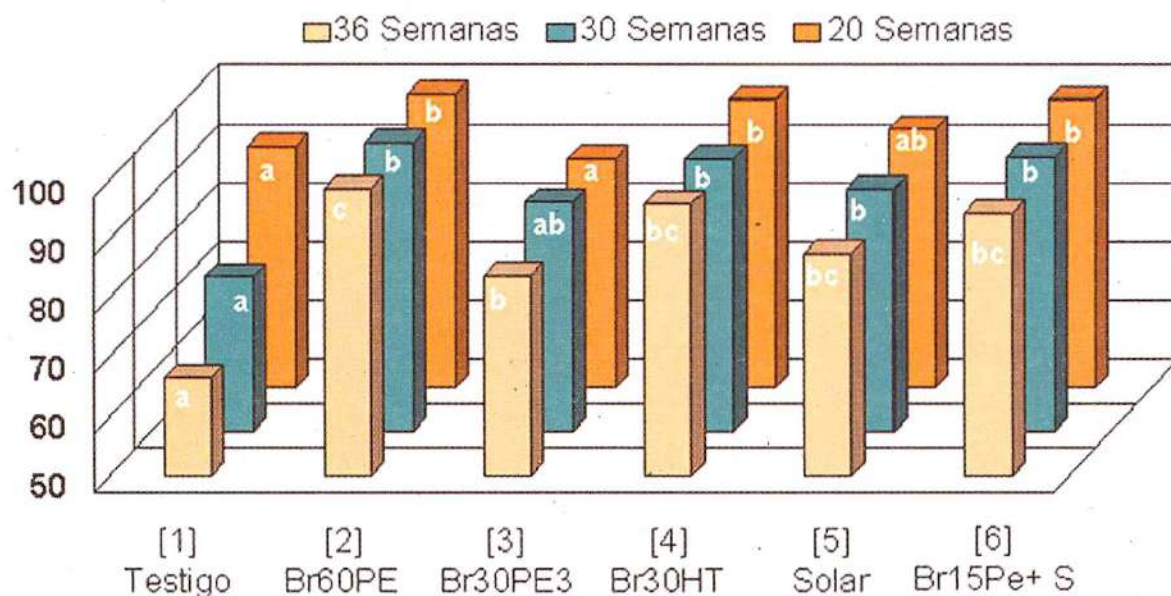
La Figura 6 muestra la cosecha media acumulada para cada tratamiento en ella se puede observar que los tratamientos (4), (2), y (6) siguen una evolución muy similar con una ligera caída de este último en las últimas semanas.

Los tratamientos (5), (3) y (1) tienen una entrada en producción más precoz (Tabla 7, primera columna), esto se corresponde con un menor desarrollo de las plantas, y se ve pronto compensado al entrar en producción las plantas más vigorosas. Los mejores tratamientos (Tabla 7, segunda columna) fueron los (4), (2), (6) y (3). los peores el (1) y el (5).

**Tabla 7.** Cosecha media inicial y total (g / planta) en el invernadero de Navarrés

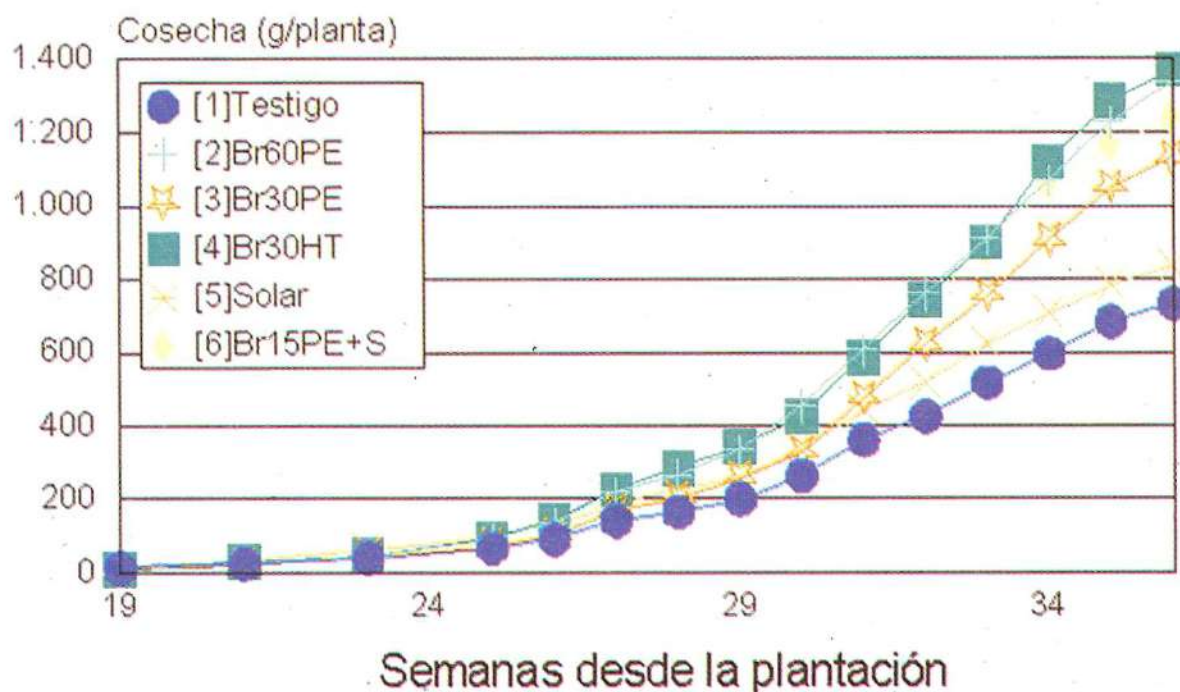
Tratamiento	Semana 19 (inicial)	Semana 36 (total)
(1) Testigo	13.5 c	725 a
(2) 60 PE	3.8 ab	1318 b
(3) 30 PE	3.0 a	1156 b
(4) 30 HT	5.6 abc	1320 b
(5) Solar	12.1 bc	739 a
(6) 15 PE+Sol	7.5 abc	1235 b

Uno de los posibles efectos colaterales nocivos que cabía esperar del cambio de técnica era el aumento de residuos en fruto. De hecho así ocurre en el cultivo en contenedores del IVIA (Tabla 8, columna 1) en que el tratamiento (4) con la lámina VIF produce más residuos en fruto que el tratamiento convencional (2), aunque sin diferencias significativas. Si observamos los datos correspondientes al cultivo en pleno campo (Tabla 8, segunda columna), en el invernadero de Navarrés, vemos que este aumento es insignificante. El mayor incremento de residuos en el cultivo en macetas cabe explicarlo como que las raíces exploran más exhaustivamente el escaso suelo disponible.



**Figura 5.** Porcentaje medio de plantas sanas en tres fechas (semanas desde la plantación) en el invernadero de Navarrés





**Figura 6.** Cosecha acumulada de pimiento cv Padrón en el invernadero Navarrés

Se realizaron dos controles de la flora adventicia espontánea (Tabla 9), en el primero todos los tratamientos, incluso la solarización, dan un buen control de malas hierbas, comparado con el Testigo (1).

**Tabla 8.** Residuos de bromo en la primera recolección de pimientos en IVIA y Navarrés (mg / kg)

Tratamiento	IVIA	Navarrés
(1) Testigo	6.3 a	2.6 a
(2) 60 PE	31.4 b	14.4 b
(3) 30 PE	35.8 b	14.1 b
(4) 30 HT	40.2 b	15.1 b
(5) Solar	8.1 a	3.2 a
(6) 15 PE+Sol	27.0 b	6.4 a

**Tabla 9.** Número de malas hierbas por m<sup>2</sup> en el invernadero de Navarrés

Tratamiento	Diciembre 1993	Abril 1994
(1) Testigo	3.9	22.8
(2) 60 PE	0.9	1.6
(3) 30 PE	0.3	0.7
(4) 30 HT	0.2	3.3
(5) Solar	0.8	14.1
(6) 15 PE+Sol	0.1	0.7

En general las malas hierbas se controlan bien en las tratamientos (2),(3),(4) y (6). El tratamiento (5) pese a tener una gran cantidad de malas hierbas, tenía menos que el testigo, y con menor desarrollo.

## Discusión

La mayor estanqueidad de la cubierta VIF, produce un aumento relativo de residuos de bromo tanto en suelo como en frutos, tal como era de esperar, no obstante, estos niveles resultan inferiores a los tolerables para las legislaciones europeas sobre residuos en alimentos, y no constituyen un efecto nocivo añadido.

La solarización aunque falla en el control de patógenos, es como consecuencia del retraso del inicio de la aplicación y el escaso tiempo de exposición, el control de malas hierbas es algo mejor, sin embargo los datos de esta técnica obtenidos de este experimento no son suficientemente representativos, y no concuerdan con otras investigaciones realizadas con anterioridad. La solarización de todas formas queda relegada a las zonas más templadas y a la época de verano.

Sin embargo la combinación con BM a  $\frac{1}{4}$  de dosis se confirma como una alternativa al uso normal de la desinfección con este gas, incluso con un inicio tardío de la aplicación y con una exposición más corta de lo normal. Esta observación confirma investigaciones previas. El resultado obtenido puede ser mejorado si se utiliza en la época de máxima radiación solar.

En general todos los parámetros estudiados muestran un comportamiento similar entre el tratamiento con dosis normal (2) con cubierta de PE y el tratamiento con la mitad de la dosis (4) con cubierta virtualmente impermeable. El tratamiento (6) solarización con  $\frac{1}{4}$  de dosis resulta muy interesante, especialmente desde el punto de vista de la producción. El tratamiento (3) con mitad de dosis y cubierta de PE se encuentra en tercer lugar, sin diferencias significativas, y por tanto en el grupo de los mejores. Cabe interpretar que la dosis de 60g/m<sup>2</sup> ha sido recomendada convencionalmente por motivos de garantía en la desinfección. Esta misma garantía se puede obtener con la dosis mitad si se utiliza una lona impermeable como la HT.

## Conclusiones

La utilización de cubiertas VIF permite reducir hasta la mitad de la dosis normal ofreciendo una garantía de protección similar a la desinfección con las dosis normalmente utilizadas.

La combinación de la solarización con dosis de BM reducidas a  $\frac{1}{4}$  de la dosis normal producen un buen resultado aún en malas condiciones de solarización.

## Abstract

In order to reduce MB dosage and emission during soil fumigation, while maintaining effectiveness in pest control, an experiment has been carried out in a pepper greenhouse where plants were affected by *Phytophthora capsici*. Treatments compared were: (1) an untreated control; (2) normal dosage of 60 g/m<sup>2</sup> MB with a polyethylene covering (PE); (3) half the normal dosage of MB 30 g/m<sup>2</sup>; (4) 30 g/m<sup>2</sup> MB with a waterproof sheet; (5) solarization; (6) solarization plus 15 g/m<sup>2</sup> MB with PE. Efficacy was monitored both with an inoculation of *Fusarium oxysporum* f.sp. dianthi, and y *P. capsici*. CxT product in disinfection, biomass production, plant health, residues and yield were the parameters taken into account.



In general all parameters studied show a very close behavior between treatments with normal dosage MB+PE cover sheet (2), and half dose+waterproof film (4). The treatment of 1/4 dose + solarization (September) (6) is also very interesting. The half dose MB + PE treatment (3) is generally in an intermediate position between the best performance treatments and the non-treated control group (1). Solarization (5) failed because of a late and short exposure. A significant reduction of at least one-half of the normal MB dosage can be reached by using a barrier film as a cover sheet, or even one-fourth the dosage if combined with soil solarization of the soil.

**Keywords:** *Phytophthora capsici*, pepper, ozone, barrier film, polyethylene, *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*.

### Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento a A. del Busto por su ayuda en malherbología, a V. Borrás por su colaboración en la localización de la finca adecuada, a S. Beltrán por su contribución en las operaciones agrícolas, a la Empresa Agroquímicos de Levante por la aplicación de la desinfección y a J. de la Cuadra y M. Gamón del Laboratorio Agroalimentario y a E. Van Wambeke de la Universidad de Lovaina por los análisis realizados.

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación financiado por la Coalición Global de Bromuro de metilo (MBGC) con el objetivo de reducir las emisiones de BM durante la desinfección del suelo sin efectos colaterales nocivos.

### Bibliografía

- Ben-Yephet, Y., J. M. Melero-Vera, J. E. deVay. 1988. Interaction of soil solarization and metham-sodium in the destruction of *Verticillium dahliae* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum*. *Crop Protection* 7, 327-331.
- Busto, del A., D. Gómez de Barreda, P. F. Martínez, V. Cebolla, T. Campos. 1989. Solarización en la Comunidad Valenciana. Sus efectos en malherbología. *Proc.4° EWRS Mediterranean symposium*, 178-189.
- Cebolla V., M. García. 1984. Desinfección del suelo en cultivo de fresón al aire libre y bajo invernadero. *Publicación del SEA*.
- Cebolla V., P. F. Martínez, A. del Busto, B. Cases. 1993. Control de *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* mediante solarización combinada con fumigantes a bajas dosis. *Actas de Horticultura* 9, 552-557.
- Cebolla V., P. F. Martínez, A. del Busto, D. Gómez de Barreda, J. J. Tuset. 1994. Dosage reduction of Methyl bromide fumigation in the Spanish mediterranean coast. *Acta Horticulturae* 382, 156-163.
- Cenis J. L. 1986. *Desarrollo de un Enfoque Cuantitativo de la Solarización y Aplicación al Control del Nematodo Meloidogyne javanica (Tremb) chit*. Tesis doctoral Universidad Politécnica de Madrid.
- Cenis J. L. 1989. Temperature evaluation in solarized soils by Fourier analysis. *Phytopathology* 79, 506-510.

- Gil Ortega R., J. Barriuso, C. Palazón, C. Zaragoza. 1990. Efecto de la solarización del suelo sobre el cultivo de pimiento al aire libre. *ITEA* 86, 142-154.
- Katan J. 1980. Solar Pasteurization of soils for disease control: status and prospects. *Plant Disease* 64, 450-454.
- Katan J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Ann. Rev. Phytopathol.* 19, 211-236.
- Katan J., G. Fishler, A. Grinstein. 1983. Short and long term effects of soil solarization and crop sequence on Fusarium wilt and yield of cotton in Israel. *Phytopathology* 73, 1215-1219.
- Katan J., A. Greenberger, H. Alon, A. Greenstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* 66, 683-688.
- Komada H. 1975. Development of a selective medium for quantitative isolation of *Fusarium oxysporum*, from natural soil. *Rev. Plant. Prot. Res.* 8, 114-125.
- Malathrakis N. E. 1987. Six years experience on solarization against soil borne diseases of vegetables in protected crops. *CEC10BC Join experts meeting*, Spain.
- Martínez P. F., J. L. Cenis, A. González, R. Aragón. 1983. Estudio de factores físicos de la solarización. *Actas I Congreso SECH* 2, 839-848.
- Martínez P. F., J. L. Cenis., A. González, R. Aragón. 1986. Niveles térmicos en la desinfección del suelo por energía solar (solarización). *Actas II Congreso SECH*, 1099-1116.
- MBTOC. 1995. 1994 Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee. 1995 Assessment of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozono Layer. U. N. Environment Programme, Nairobi, Kenya, 304 pp.
- Ponchet J., P. Ricci, C. Andreoli, G. Augé. 1972. Méthodes sélectives d'isolement du *Phytophthora nicotianae* f.sp. *parasitica* (Dastur) Waterh. a partir du sol. *Annales de Phytopathologie* 4, 97-108.